

В.А. ГУЖВА, канд. техн. наук, ***А.В. ТЕРЕХОВ***

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

У статті розглянуто один із можливих підходів до розробки тренажерів для навчання операторів на небезпечних хімічних виробництвах і приведена методика побудови математичної моделі системи керування технологічним процесом, як складової частини даного виду тренажера. Математична модель будувалась для системи керування технологічними параметрами в колоні синтезу карбаміду.

Химическая промышленность характеризуется многообразием процессов, которые протекают при образовании конечного продукта. Наиболее распространёнными здесь являются процессы превращения вещества, массообмена и теплообмена. В большинстве случаев, данные процессы протекают при высоких значениях давления и температур, а вещества, используемые в производствах являются небезопасными для обслуживающего персонала и окружающей среды.

Несмотря на то, что в современные АСУ ТП включены такие подсистемы, как подсистема блокировок и подсистема сигнализаций критических значений технологических параметров, которые позволяют предотвратить остановку производства, всё же большая часть всех остановок и аварий происходит по вине человеческого фактора. Поэтому первостепенной задачей является задача качественного обучения технического персонала. Принимая во внимание особенности технологических процессов, можно сформулировать основные требования к процессу обучения обслуживающего установку оператора:

- 1) процесс обучения должен быть максимально приближен к реальным производственным условиям;
- 2) обучение не должно отражаться на ходе технологического процесса;
- 3) оператор, проходящий обучение, должен отработать большинство нештатных ситуаций, возникающих в ходе производства.

В связи с небезопасностью технологических процессов целесообразным является проводить обучение оператора не на реальной установке, а на её модели. При этом обучающийся должен обладать практически теми же возможностями, что и оператор, сидящий за рабочей станцией. Таким образом возникает задача создания тренажера, имитирующего работу рабочей управляющей станции и производящего манипулирование не производственным процессом, а его моделью.

Вариант структуры такого тренажера представлен на рис. 1.

Здесь интерфейсом для оператора служит SCADA - система, при помощи которой реализуется визуализация технологического процесса, работа с

потоками данных и управляющие функции системы, а для создания математической модели используется один из пакетов моделирования. При этом важно, чтобы пакет моделирования и SCADA – система (Supervisory Control And Data Acquisition) обладали соответствующими интерфейсами для взаимодействия между собой.

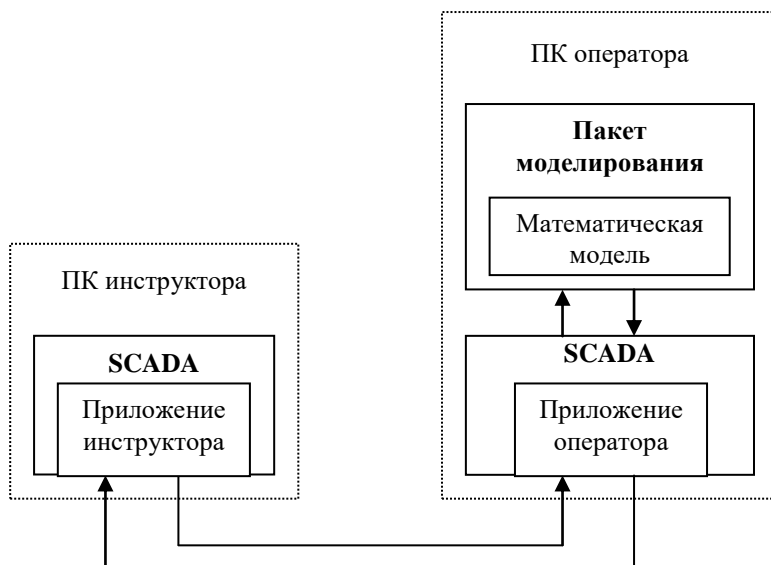


Рис.1. Структура тренажера

Компьютер инструктора и компьютер оператора могут взаимодействовать по локальной сети. Инструктор может изменять параметры технологического процесса с целью проверки действий операторов в различных нештатных ситуациях. Возможен и другой вариант обучения, когда на компьютере оператора имитируется конкретная ситуация и смотрится его поведение в данной ситуации.

Наиболее сложной и важной задачей при создании систем подобного рода является построение математической модели системы управления. Это обусловлено тем, что от степени адекватности модели реальному объекту зависит достоверность результатов получаемых при моделировании.

В качестве примера рассмотрим построение математической модели для имитации работы системы управления технологическими параметрами в колонне синтеза карбамида. Колонна синтеза карбамида представляет собой химический реактор, на вход которого подаются исходные реагенты: аммиак, двуокись углерода и раствор углеаммонийных солей. На выходе получают плав карбамида с содержанием последнего равным, приблизительно, 57% [1]. Схема взаимосвязей основных технологических параметров в колонне

синтеза представлена на рис. 2 (P – давление синтеза, T_{NH_3} – температура аммиака, T_{CO_2} – температура двуокиси углерода, T_{PYAC} – температура раствора углеаммонийных солей, C_{H_2O} – концентрация воды в растворе углеаммонийных солей, $T_{1c}, T_{2c}, T_{3c}, T_n$ – температуры реакционного раствора по высоте колонны).

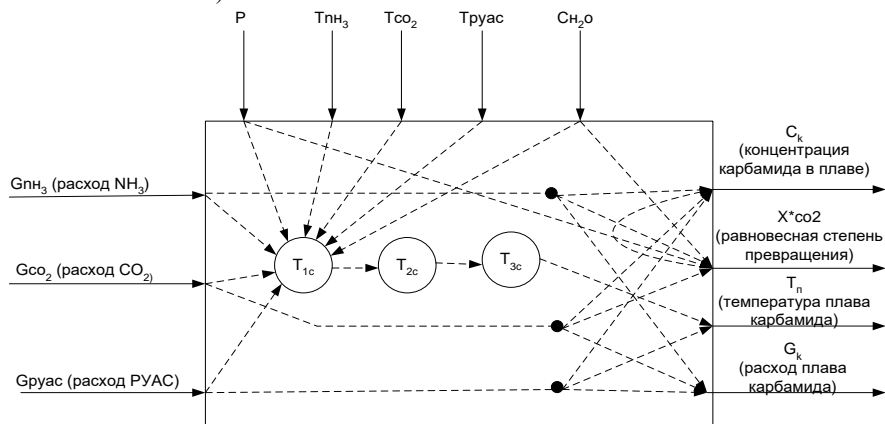


Рис.2. Взаимосвязь основных технологических параметров колонны синтеза

Следует отметить, что каждая взаимосвязь между технологическими параметрами отображается в математической модели передаточной функцией. В зависимости от вида переходной характеристики при построении математического описания аппаратов химических производств задаются, чаще всего, одним из видов передаточной функции [2]:

1) передаточная функция инерционного звена первого порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1}, \quad (1)$$

где k – коэффициент усиления;

T – постоянная времени;

τ – время запаздывания.

2) передаточная функция интегрирующего звена с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{p} \quad (2)$$

3) передаточная функция инерционного звена второго порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \quad (3)$$

Неизвестные параметры модели – k , T_1 и T_2 – определяются при проведении параметрической идентификации объекта. Параметрическая идентификация сводится к определению численных значений параметров математической модели при известной её структуре. При этом предполагаем, что исследователю известна реакция объекта управления на возмущение каждой входной переменной при стабилизации остальных входных переменных.

Схема идентификации параметров модели показана на рис. 3 (u – входной сигнал, $y(t)$ и $y_M(t)$ – значение выходного сигнала объекта управления и модели в момент времени t).

Следующим этапом построения модели является синтез регуляторов.

Производственные процессы характеризуются множеством регулируемых величин: температурой, давлением, расходом, концентрацией и т. д.

Применительно к исследуемому объекту управления регулируемые технологическими параметрами являются:

1) Расход аммиака – G_{nh3} ($m^3/час$), который регулируется изменением количества оборотов насоса $G\ 901 - N_a$ (об/мин);

2) Температура аммиака на входе в колонну синтеза – $T_{nh3}(^0C)$, регулируемая изменением расхода пара в теплообменную часть подогревателя аммиака E910 bis – $G_{п}$ ($m^3/час$);

3) Расход двуокиси углерода – G_{co2} ($m^3/час$), который регулируется изменением количества оборотов турбины FTP 901 – N_t (об/мин);

4) Расход карбамата аммония – $G_{ка}$ ($m^3/час$), который регулируется изменением количества оборотов карбаматного насоса $G\ 902 - N_{ка}$ (об/мин).

Технологические параметры схемы синтеза карбамида, значение которых подлежат только индикации, следующие:

1) Температура в колонне синтеза – показывается по высоте в четырёх точках – TR 901_3, TR 901_4, TR 901_5, TR 901_6;

2) Давление аммиака на входе в колонну синтеза – P_{nh3} ($кгс/см^3$). Индикация производится в точке PI 915;

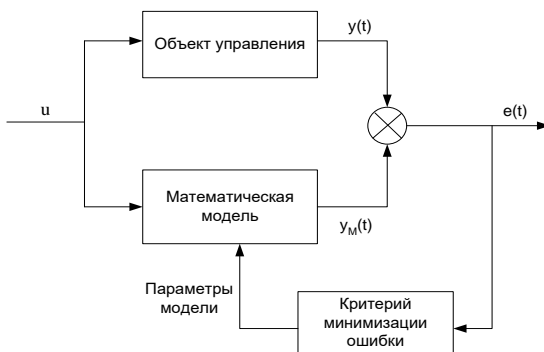


Рис.3. Схема определение параметров математической модели

3) Давление карбамата аммония на входе в колонну синтеза – $P_{ка}$ (кгс/см³). Индикация производится в точке PI 917;

4) Давление углекислого газа на входе в колонну синтеза – P_{co2} (кгс/см³). Индикация производится в точке PI 916.

Схема регулирования параметров технологического процесса при синтезе карбамида приведена на рис. 4.

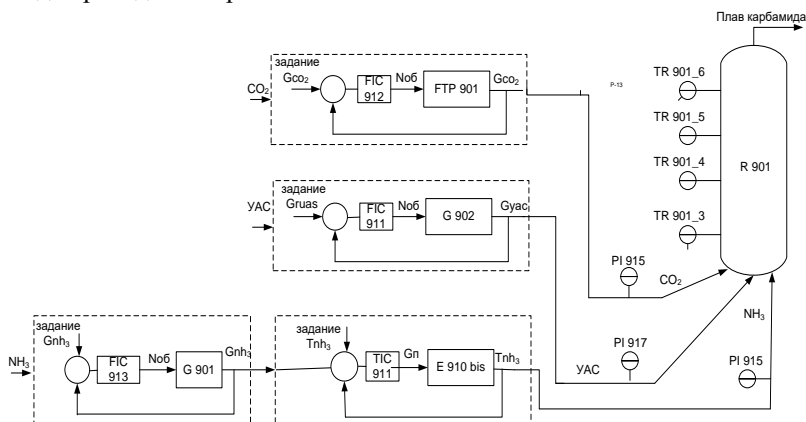


Рис.4. Схема автоматического регулирования отделения синтеза карбамида

При поиске оптимальных настроек регуляторов использовались методы аналогичные поиску параметров математической модели. В качестве неизвестных в данном случае выступали настройки регулятора.

Построенная модель будет реализовываться в одном из пакетов моделирования. В качестве пакета моделирования можно выбрать VisSim 5.0, который удовлетворяет всем перечисленным выше требованиям. Связь пакета моделирования с другими приложениями может осуществляться при помощи одного из способов:

- 1) путём использования протокола DDE (dynamic data exchange);
- 2) путём написания пользовательских dll – библиотек;
- 3) путём использования ActiveX компонент, входящих в стандартный пакет VisSim.

Выбор способа взаимодействия зависит от используемого SCADA пакета.

В заключении следует сказать, что в данной статье приведена только часть разрабатываемого тренажёра, который имитирует работу системы управления реальным объектом.

Список литературы: 1. Кучерявый В.И., Лебедев В.В. Синтез и применение карбамида. Л.: Химия, 1970, 420с. 2. Ветохин В.Н., Кафаров В.В. Основы автоматизированного проектирования химических производств. М.: Высшая школа, 1987, 343 с.

Поступила в редколлегию 12.04.05